



ADAMS & WILKS
ATTORNEYS AND COUNSELORS AT LAW
50 BROADWAY
31st FLOOR
NEW YORK, NEW YORK 10004

BRUCE L. ADAMS
VAN C. WILKS

JOHN R. BENEFIEL
PAUL R. HOFFMAN
TAKESHI NISHIDA
FRANCO S. DE LIQUORI
• NOT ADMITTED IN NEW YORK
• REGISTERED PATENT AGENT

RIGGS T. STEWART
(1924-1993)

February 20, 2004

TELEPHONE
(212) 809-3700

FACSIMILE
(212) 809-3704

COMMISSIONER FOR PATENTS
Washington, DC 20231

Re: Patent Application of Tatsuya MIYATANI et al.
Serial No. 09/966,719 Filing Date: September 27, 2001
Examiner: Phillip A. Johnston Group Art Unit: 2881
Docket No. S004-4403

S I R:

The above-identified application was filed claiming the right of priority based on the following foreign application(s).

1. Japanese Patent Appln. No. 2001-191337 filed June 25, 2001
2. Japanese Patent Appln. No. 2000-310316 filed October 11, 2000
3. Japanese Patent Appln. No. filed
4. Japanese Patent Appln. No. filed
5. Japanese Patent Appln. No. filed
6. Japanese Patent Appln. No. filed
7. Japanese Patent Appln. No. filed
8. Japanese Patent Appln. No. filed
9. Japanese Patent Appln. No. filed
10. Japanese Patent Appln. No. filed
11. Japanese Patent Appln. No. filed

Certified copy(s) are annexed hereto and it is requested that these document(s) be placed in the file and made of record.

MAILING CERTIFICATE

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first-class mail in an envelope addressed to: COMMISSIONER OF PATENTS & TRADEMARKS, Washington, DC 20231, on the date indicated below.

DEBRA BUONINCONTRI

Name

Debra Buonincontri

Signature

FEBRUARY 20, 2004

Date

BLA: db

Enclosures

Respectfully submitted,

ADAMS & WILKS
Attorneys for Applicant(s)

By:

Bruce L. Adams
Reg. No. 25,386

Bruce L. Adams

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日
Date of Application:

2000年10月11日

出願番号
Application Number:

特願2000-310316

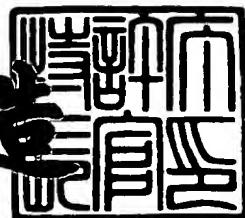
出願人
Applicant(s):

セイコーインスツルメンツ株式会社

2001年 9月 5日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3081851

【書類名】 特許願

【整理番号】 00000515

【提出日】 平成12年10月11日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01N 37/00

G01L 1/22

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 宮谷 竜也

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 江川 明

【発明者】

【住所又は居所】 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地 株式会社エスマ
イアイ・アールディセンター内

【氏名】 中島 邦雄

【特許出願人】

【識別番号】 000002325

【氏名又は名称】 セイコーワインスツルメンツ株式会社

【代表者】 服部 純一

【代理人】

【識別番号】 100096286

【弁理士】

【氏名又は名称】 林 敏之助

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008246

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9003012

【ブルーフの要否】 不要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 走査型プローブ顕微鏡

【特許請求の範囲】

【請求項1】 微小なプローブで、試料表面を、試料表面にほぼ平行な第一の走査軸と、試料表面にほぼ平行、かつ、前記第一の走査軸に垂直な第二の走査軸からなるラスタ走査をすると同時に、試料表面の凹凸に沿うようにプローブを前記第一の走査軸および前記第二の走査軸双方に垂直な第三の走査軸方向に、相対的に移動させることによって試料表面の微小な構造を観察する走査型プローブ顕微鏡において、試料に対する前記プローブの前記相対的なラスタ走査を制御する走査制御手段と、前記第一の走査軸、前記第二の走査軸および前記第三の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的な位置または変位を測定する変位検出手段とを有することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡。

【請求項2】 前記変位検出手段は、前記第一の走査軸、前記第二の走査軸および前記第三の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的な位置または変位を同時に検出し記録装置に保存し、前記記録装置に保存した前記各走査軸方向のプローブの試料に対する相対的な位置または変位に基づいて観察像を生成することを特徴とする請求項1記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項3】 前記走査手段が、前記変位検出手段により検出されたプローブの試料に対する相対的位置または変位に基づき、前記相対的なラスタ走査の前記第一の走査軸および前記第二の走査軸のうち、少なくとも一つの走査軸方向にフィードバック制御を行うことを特徴とする請求項2記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項4】 前記走査制御手段が、前記相対的ラスタ走査の前記第一の走査軸および前記第二の走査軸のうち走査周波数の高い走査軸方向の走査の一周期の間、走査周波数の低い走査軸方向のプローブの試料に対する相対的な位置または変位が一定になるようにフィードバック制御を行うことを特徴とする請求項3記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項5】 前記走査制御手段が、前記相対的ラスタ走査の前記第一の走査軸および前記第二の走査軸のうち走査周波数の高い走査軸方向の走査の半周期

の間、走査周波数の低い走査軸方向のプローブの試料に対する相対的な位置または変位が一定になるようにフィードバック制御を行うことを特徴とする請求項3記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項6】 前記走査制御手段が、前記相対的ラスタ走査の前記第一の走査軸および前記第二の走査軸のうち少なくとも一つの走査軸方向の走査範囲が観察しようとする範囲を含み、かつ、より大きい範囲であることを特徴とする請求項2から5のいずれかに記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項7】 前記走査制御手段が、前記相対的ラスタ走査の前記第一の走査軸および前記第二の走査軸のうち走査周波数の高い走査軸方向の走査範囲が観察しようとする範囲を含み、かつ、より大きい範囲であることを特徴とする請求項6に記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項8】 前記相対的ラスタ走査の前記第一の走査軸および前記第二の走査軸のうち走査周波数の高い走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位が観察しようとする範囲に入るのと同時に前記変位検出手段が任意のサンプリング周期で前記第一の走査軸、前記第二の走査軸および前記第三の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位のサンプリングと記録装置への保存を開始することを特徴とする請求項7記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項9】 前記相対的ラスタ走査の前記第一の走査軸および前記第二の走査軸のうち走査周波数の高い走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位の時間変化率が一定もしくは、あらかじめ設定した値になった時点で、前記変位検出手段が任意のサンプリング周期で前記第一の走査軸、前記第二の走査軸および前記第三の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位のサンプリングと記録装置への保存を開始することを特徴とする請求項7記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項10】 前記相対的ラスタ走査の前記第一の走査軸および前記第二の走査軸のうち走査周波数の高い走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位が観察しようとする範囲に入ること、および、前記走査周波数の高い走査軸方向のプローブの相対的位置または変位の時間変化率が一定もしくは、あらかじめ設定した値になることの二つの条件が満たされた時点で、前記変位検

出手段が任意のサンプリング周期で前記第一の走査軸、前記第二の走査軸および前記第三の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位のサンプリングと記録装置への保存を開始することを特徴とする請求項7記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項11】 前記相対的ラスタ走査の前記第一の走査軸および前記第二の走査軸のうち走査周波数の高い走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位が観察しようとする範囲に入るまでに、前記走査周波数の高い走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位の時間変化率が設定した値になるように前記走査制御手段がフィードバック制御を行うことを特徴とする請求項8記載の走査型プローブ顕微鏡。

【請求項12】 前記相対的ラスタ走査の前記第一の走査軸および前記第二の走査軸のうち走査周波数の高い走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位が観察しようとする範囲に入るまでに、走査周波数の高い走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位の時間変化率が一定になるよう、前記走査制御手段が走査周波数の高い走査軸方向の変位量を観察しようとする領域より大きくなるように制御することを特徴とする請求項8記載の走査型プローブ顕微鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、走査型プローブ顕微鏡に関する。

【0002】

【従来の技術】

図7は従来の走査型プローブ顕微鏡(SPM)の一つである原子間力顕微鏡(AFM)の概略図である。図7において、701はXYZトランスレータ、702は試料ステージ、703は試料、704はカンチレバー、705はカンチレバーのたわみ検出器、706はコントローラ、707はコンピュータである。

【0003】

この従来のAFMにおいては、XYZトランスレータ701上の試料ステージ702

に試料703をのせ、試料703をカンチレバー704の先端に固定された先鋭化されたプローブへ接触させ、XYZトランスレータ701で試料をX-Y面内に走査する。このとき、カンチレバーのたわみをたわみ検出器705でモニターし一定のたわみになるようにコントローラ706がフィードバック制御を行いXYZトランスレータ701で試料703のZ方向の位置を調節する。試料表面上の各位置での調節量をコンピュータで画面上にマッピングすることによって試料表面の微細な構造を観察することができる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

従来の技術において述べたようにSPMではXYZトランスレータによって、試料に対してプローブが相対的にラスタ走査を行う。多くのXYZトランスレータには、圧電体が用いられている。圧電体は、印加する電圧あたりの変位量が非常に小さく高分解能な走査を行うことができる。一方で、圧電体の電圧一変位曲線がヒステリシスを示し直線ではないこと、クリープやドリフトを生じることにより走査領域の形状が歪み、計測精度が低下する。

【0005】

図8は従来のSPMの動作を示したものであり、801は観察しようとする領域を示している。単純に電圧あたりの変位量から求めた領域801に相当する電圧を印可して走査した場合には、実際の走査領域は先のヒステリシス等により802に示すように歪み、これを801の領域として観察像を生成するために精度が低下してしまう。

【0006】

現在のSPMでは、ヒステリシスやクリープ等の量をあらかじめ測定し、XYZトランスレータの変位量が時間に対して線形となるような時間一電圧曲線を求め、この曲線に基づいた電圧を印加して走査することでヒステリシス等による影響を除去するリニアライズ法が多く用いられている。

【0007】

また、変位センサーによりXYZトランスレータの変位量を測定し、その変位量に基づいて画像を生成する方法も考案されている。さらに、変位センサーにより

XYZトランスレータの変位量を測定し、その変位量に基づいてフィードバック制御を行いながら走査する方法も考案されている。

【0008】

しかし、リニアライズ法ではXYZトランスレータの経時変化や、走査周波数の違いによっても動作が変わってしまい精度が低下するという問題点がある。また、変位センサー値に基づいて画像を生成する方法においては、画像を生成するために必要なデータ量と計算量が膨大になるという問題点がある。フィードバック制御を行う方法では、制御系の処理速度によって走査周波数が制限されてしまうといった問題点がある。

【0009】

本発明は上記のような走査型プローブ顕微鏡における問題点を解決することを目的とするもので、圧電体のヒステリシスや経時変化の影響を受けず、画像を生成するためのデータ量と計算量を減少させ、走査周波数の帯域制限を拡大することができる高精度な走査型プローブ顕微鏡を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決しようとするための手段】

以上のような課題を解決するために、本発明にかかる走査型プローブ顕微鏡においては、XYZトランスレータのラスタ走査を制御する走査制御手段とXYZトランスレータの変位量を検出する変位検出手段とを有し、ラスタ走査の二つの走査軸のうち、低周波数の走査軸に沿ったXYZトランスレータの変位のみをフィードバック制御を行う、高周波数の走査軸に沿ったXYZトランスレータの変位を観察しようとする領域より大きくし、プローブの相対的な位置が観察領域内に入ると同時にXYZトランスレータの変位量をサンプリングする構成とした。

【0011】

このような構成とすることでトランスレータのヒステリシスや経時変化の影響の除去、画像生成時のデータ量および計算量の低減、フィードバック制御系の帯域をあげることなく走査周波数を高くすることができ、かつ歪みのない高精度な観察像を得ることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】

以下に、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

[実施の形態1]

図1は本発明にかかる走査型プローブ顕微鏡の概略図である。おもに、コンピュータ101、SPMコントローラ102、走査制御器103、XYZトランスレータ104、XYZ変位検出器105、たわみ検出器106、カンチレバー107、試料108からなる。走査制御器103はプローブを相対的に試料表面上をラスタ走査させるためにXYZトランスレータ104に印可する電圧を制御する。XYZ変位検出手段105は、XYZトランスレータ104のXYZ三方向の変位量を同時に検出し記録装置に保存する。このような構成とすることで、XYZ変位検出器105によって得られたXYZトランスレータ104の変位量に基づいた高精度な画像の生成を行うことができる。また、ラスタ走査のフィードバック制御によって、高精度な画像を得ることができる。

本実施の形態においては、カンチレバーがXYZトランスレータに固定され試料の表面をラスタ走査する構成について述べたが、XYZトランスレータに試料が固定され、試料が移動することによりプローブが試料表面をラスタ走査する構成においても同様の効果が得られる。

[実施の形態2]

図2は、ラスタ走査の走査軸のうち高周波数の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的変位量201と、低周波数の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的変位量202の時間変化である。低周波数の走査軸方向のプローブの変位量は、高周波数の走査軸の一周期の間フィードバック制御により一定に保たれ、また、一周期毎に一定量増加する。このような構成とすることで、低周波数の走査軸方向のクリープやドリフトによる影響を除去することができるため、画像生成に必要なデータは、高周波数の走査軸方向のプローブの相対的変位と、試料の高さを表すZ方向のプローブの相対的変位量となり、また、高周波数の走査軸方向のみのデータの補間ですむためデータ量と計算量を低減することができる。また、低周波数の走査軸方向のみにフィードバック制御を行うためより高速な走査を行うことができる。

【0013】

また、図3のように高周波数の走査軸方向の変位301の半周期ごとに、低周波数の走査軸方向の変位量302を一定量増加させることにより、高周波数の走査軸方向の周波数をえることなくラスタ走査にかかる時間を半減させることができる。

[実施の形態3]

図4は高周波数の走査軸方向のプローブの相対的変位量401の時間変化とXYZ変位検出器105が画像を生成するためのプローブの相対的変位量をサンプリングするタイミングを表すサンプリングパルス404を示している。

走査制御器103は、高周波数の走査軸方向のプローブの相対的変位量が観察しようとする領域402から403よりも大きくなるように走査する。XYZ変位検出器105は、高周波数の走査軸方向のプローブの相対的変位量が観察しようとする領域に入った時点405で、画像を生成するためのプローブの相対的変位量のサンプリングを開始する。このような構成とすることでプローブの相対的変位量に基づいて画像を生成した場合に、画像の領域が、観察しようとする領域より狭くなることを避けることができる。

[実施の形態4]

図5は、高周波数の走査軸方向のプローブの相対的変位量の時間変化率501の時間変化と、XYZ変位検出器105が画像を生成するためにプローブの相対的変位量をサンプリングするタイミングを表すサンプリングパルス503を示している。

XYZ変位検出器105は、高周波数の走査軸方向のプローブの相対的変位量の時間変化率が一定になった時点504で、画像を生成するためのプローブの相対的変位量のサンプリングを開始する。このような構成とすることで、高周波数の走査軸方向のプローブの相対的変位量のサンプリングデータが距離に対し等間隔となり、高周波数の走査軸方向の補間計算を行わずに高精度画像を生成することができる。

[実施の形態5]

図6は、高周波数の走査軸方向のプローブの相対的変位量601、その時間変化

率606およびXYZ変位検出器105が画像を生成するためにプローブの相対的変位量をサンプリングするタイミングを表すサンプリングパルス607を示している。

走査制御器103は、高周波数の走査軸方向のプローブの相対的変位量が観察しようとする領域602から603に入る前に時間変化率606が一定になるよう十分に変位量を大きくする。または、高周波数の走査軸方向のプローブの相対的変位量が観察しようとする領域602から603に入る前に時間変化率606が一定になるようにフィードバック制御を行う。XYZ変位検出器105は、高周波数の走査軸方向のプローブの相対的変位量が観察しようとする領域内に入った時点608で、画像を生成するためのプローブの相対的変位量のサンプリングを開始する。このような構成とすることで、高周波数の走査軸方向の補間計算を行うことなく観察しようとする領域の高精度の画像を得ることができる。

【0014】

【発明の効果】

以上説明したように本発明にかかる走査型プローブ顕微鏡は、a)プローブの試料に対する相対的位置または変位量を検出する変位検出器と、XYZトランスレータのラスタ走査を制御する走査制御器とを有し、b)低周波数の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位量が、高周波数の走査軸の一周期または半周期の間フィードバック制御により一定に保たれること、また、一周期または半周期毎に一定量増加すること、c)高周波数の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位量が観察しようとする領域よりも大きくなるように走査し、高周波数の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位量が観察しようとする領域内に入った時点で、画像を生成するためのプローブの試料に対する相対的位置または変位量のサンプリングを開始すること、d)高周波数の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位量の時間変化率が一定になった時点で、画像を生成するためのプローブの相対的位置または変位量のサンプリングを開始すること、e)高周波数の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位量が観察しようとする領域に入る前に時間変化率が一定になるように十分に変位量を大きくし、高周波数の走査軸方向のプローブの

試料に対する相対的位置または変位量が観察しようとする領域内に入った時点で，画像を生成するためのプローブの試料に対する相対的位置または変位量のサンプリングを開始すること，f)高周波数の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位量が観察しようとする領域に入る前に時間変化率が一定になるように高周波数の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位量をフィードバック制御し，高周波数の走査軸方向のプローブの試料に対する相対的位置または変位量が観察しようとする領域内に入った時点で，画像を生成するためのプローブの相対的位置または変位量のサンプリングを開始することとを特徴とする。これにより，圧電体のヒステリシスや経時変化の影響を受けず，画像を生成するためのデータ量と計算量を減少させ，走査周波数の帯域制限を拡大することができ，かつ，高精度な画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の形態1に関わる走査型プローブ顕微鏡の説明図である。

【図2】

本発明の実施の形態2に関わる走査型プローブ顕微鏡の動作に関する説明図である。

【図3】

本発明の実施の形態2に関わる走査型プローブ顕微鏡の動作に関する説明図である。

【図4】

本発明の実施の形態3に関わる走査型プローブ顕微鏡の動作に関する説明図である。

【図5】

本発明の実施の形態4に関わる走査型プローブ顕微鏡の動作に関する説明図である。

【図6】

本発明の実施の形態5に関わる走査型プローブ顕微鏡の動作に関する説明図である。

【図7】

従来の走査型プローブ顕微鏡の構成図である。

【図8】

従来の走査型プローブ顕微鏡の動作に関する説明図である。

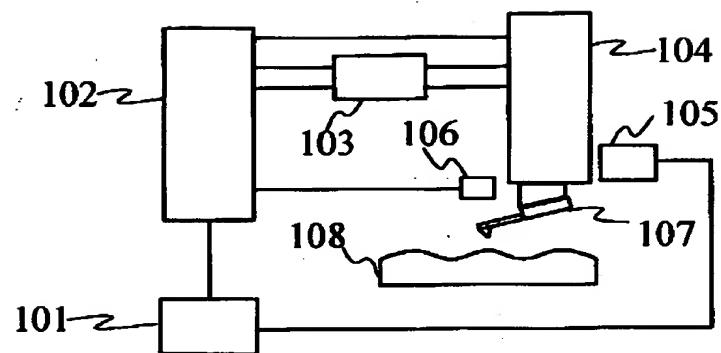
【符号の説明】

- 101 コンピュータ
- 102 SPMコントローラ
- 103 操作制御器
- 104 XYZトランスレータ
- 105 XYZ変位検出器
- 106 たわみ検出器
- 107 カンチレバー
- 108 試料
- 201 高周波走査軸方向のプローブの相対的変位量
- 202 低周波走査軸方向のプローブの相対的変位量
- 301 高周波走査軸方向のプローブの相対的変位量
- 302 低周波走査軸方向のプローブの相対的変位量
- 401 高周波走査軸方向のプローブの相対的変位量
- 402 観察しようとする領域の下限
- 403 観察しようとする領域の上限
- 404 サンプリングパルス
- 501 高周波走査軸方向のプローブの相対的変位量の時間変化率
- 601 高周波走査軸方向のプローブの相対的変位量
- 602 観察しようとする領域の下限
- 603 観察しようとする領域の上限
- 606 高周波走査軸方向のプローブの相対的変位量の時間変化率
- 607 サンプリングパルス
- 701 XYZトランスレータ
- 702 試料台

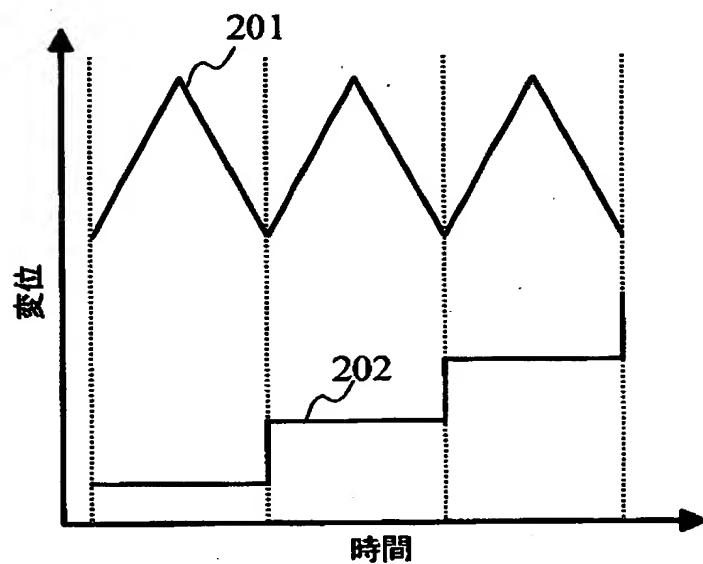
- 703 試料
- 704 カンチレバー
- 705 たわみ検出器
- 706 コントローラ
- 707 コンピュータ
- 801 観察しようとする領域
- 802 実際に走査する領域

【書類名】 図面

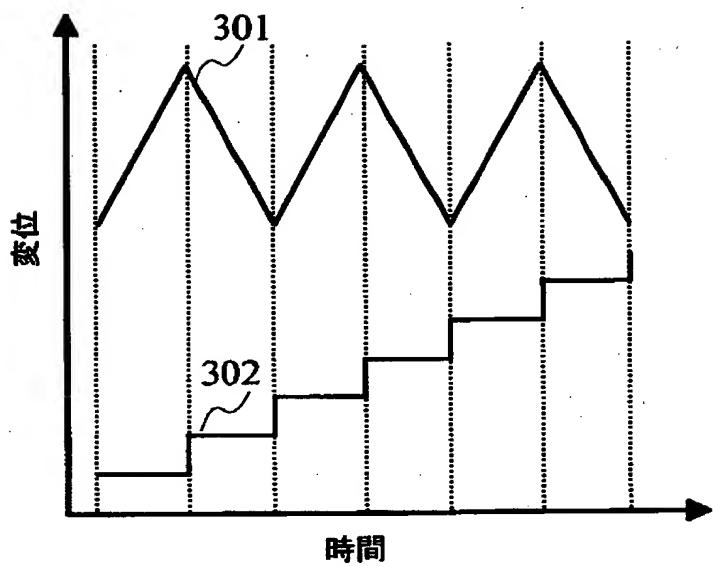
【図1】



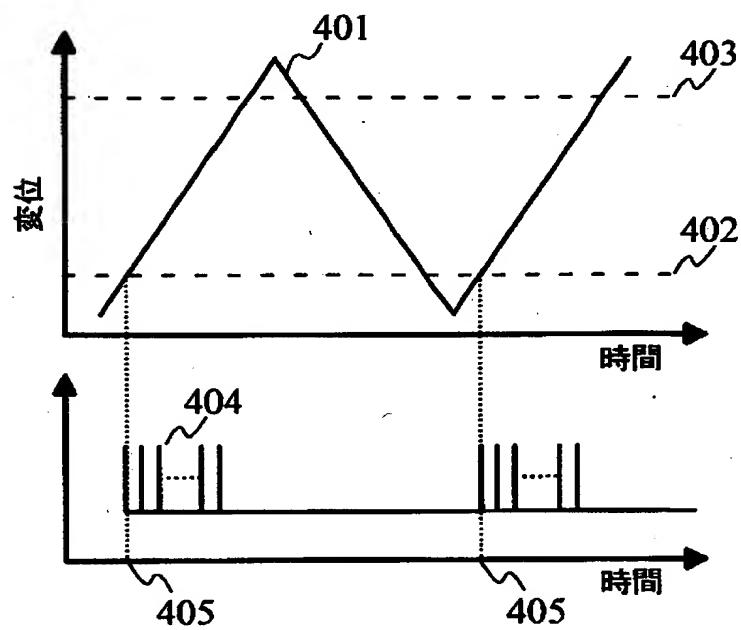
【図2】



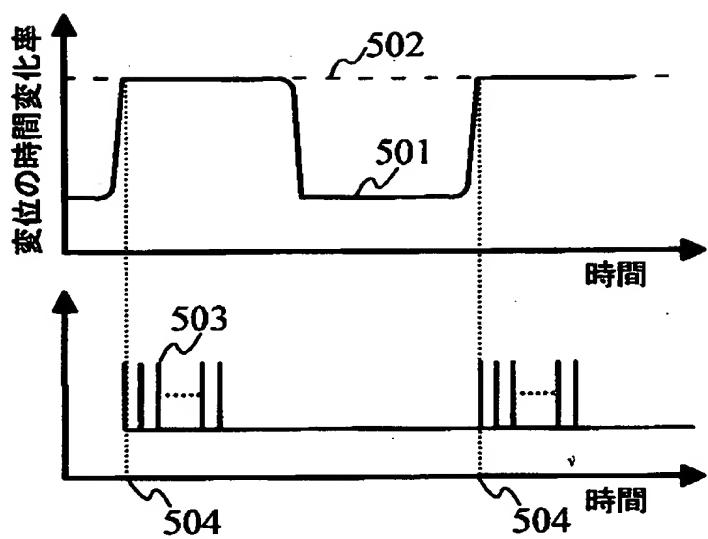
【図3】



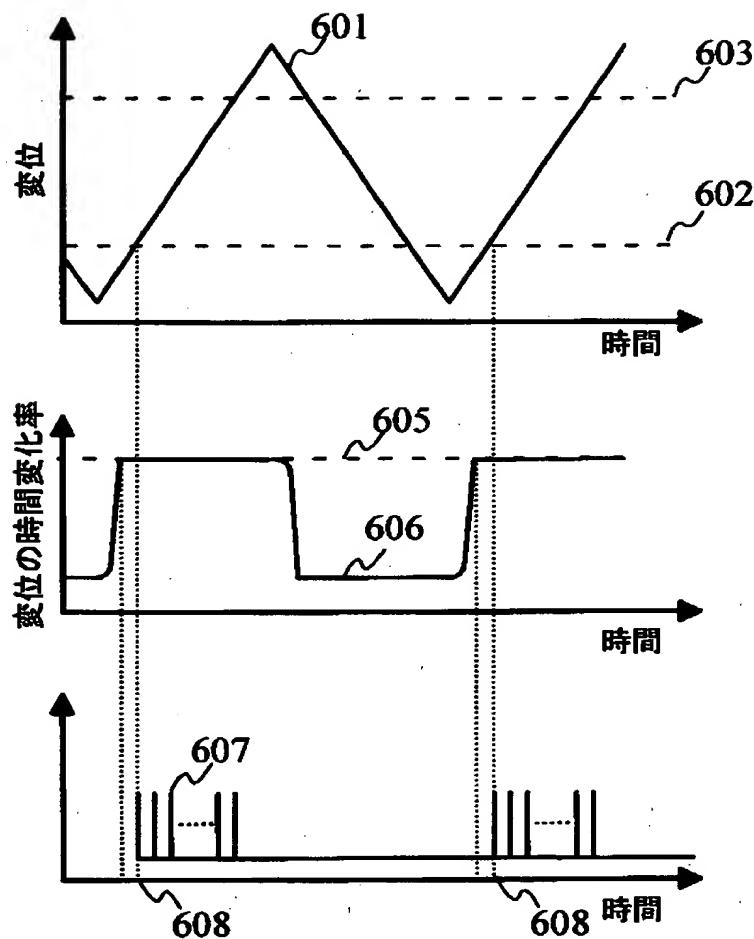
【図4】



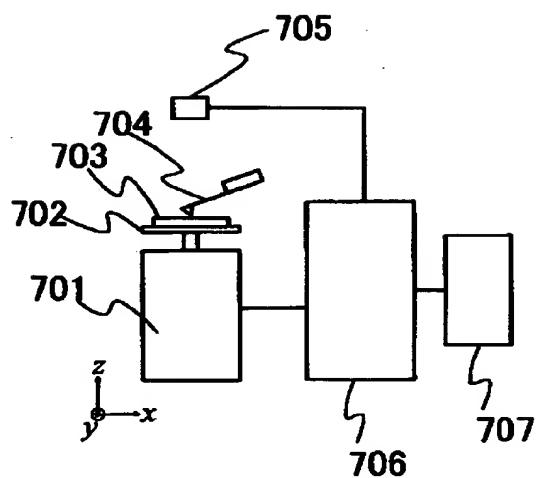
【図5】



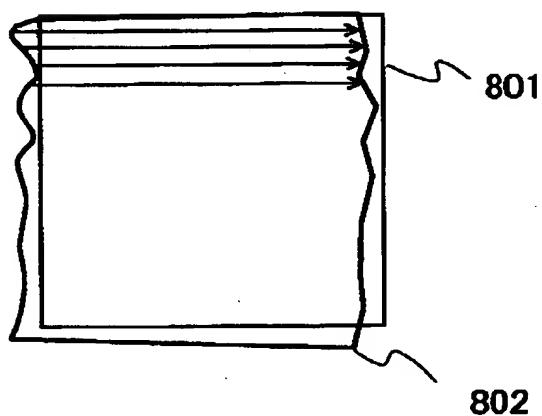
【図6】



【図7】



【図8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 走査型プローブ顕微鏡において、XYZトランスレータに用いられる圧電体のヒステリシスや経時変化の影響を受けず、画像を生成するためのデータ量と計算量を減少させ、走査周波数の帯域制限を拡大することができる高精度な走査型プローブ顕微鏡を提供することを目的とする。

【解決手段】 XYZトランスレータ104のラスタ走査を制御する走査制御手段103とXYZトランスレータ104の変位量を検出する変位検出手段105とを有し、ラスタ走査の二つの走査軸のうち、低周波数の走査軸に沿ったXYZトランスレータ104の変位のみをフィードバック制御を行う、高周波数の走査軸に沿ったXYZトランスレータ104の変位を観察しようとする領域より大きくし、プローブの相対的な位置が観察領域内に入ると同時にXYZトランスレータ104の変位量をサンプリングする構成とした。

【選択図】 図1

出願人履歴情報

識別番号 [000002325]

1. 変更年月日 1997年 7月23日

[変更理由] 名称変更

住 所 千葉県千葉市美浜区中瀬1丁目8番地

氏 名 セイコーインスツルメンツ株式会社